

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра транспорта и дорожного строительства

М.В. Валл

# **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ**

Методические указания  
к выполнению лабораторных и практических работ  
для студентов очной формы обучения  
Специальности 270205 – Автомобильные дороги и аэродромы,  
250401 – Лесоинженерное дело  
Направление 270100 – Строительство  
Дисциплина «Инженерная геодезия»

Екатеринбург  
2009

Печатается по рекомендации методической комиссии лесоинженерного факультета.

Протокол № 2 от 08 октября 2008г.

Рецензент канд. техн. наук, доцент Кручинин И.Н.

Редактор Е.Л. Михайлова  
Оператор Г.И. Романова

---

Подписано в печать 12.02.09		Поз. 1
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 100 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,7	Цена 2 руб. 40 коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## ВВЕДЕНИЕ

При проектировании линейных сооружений возникает необходимость в решении инженерных задач по топографическим картам и планам.

Настоящие методические указания могут использоваться на лабораторных занятиях по данной теме и при самостоятельной работе студентов.

### 1. ЗАДАНИЕ

Определить масштаб карты и высоту сечения рельефа горизонталями.

Измерить дирекционный угол заданной линии. Найти прямоугольные и географические координаты точки, заданной на карте. Определить отметки точек. Вычислить уклон линии.

Провести на карте линию с заданным уклоном. Построить профиль местности в заданном направлении. Определить на карте линию водотока.

### 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА КАРТЫ

Картой называется уменьшенное и искаженное вследствие влияния кривизны Земли изображение на плоскости значительных участков земной поверхности.

Масштабом карты называется отношение отрезка на карте к горизонтальному проложению того же отрезка на местности. Например, масштаб 1:25000 означает, что 1 см на карте соответствует 25000 см на местности, т.е. 250 м.

Для того чтобы определить масштаб карты, можно воспользоваться километровой сеткой прямоугольных координат.

Для составления топографических карт применяется проекция Гаусса. Поверхность эллипсоида делится на зоны, протяженность которых по долготе  $6^\circ$ . Средний (осевой) меридиан зоны и экватор изображаются прямыми взаимно перпендикулярными линиями. Изображение осевого меридиана зоны совпадает с направлением оси ОХ, а экватор – с осью ОУ. Параллельно осям ОХ и ОУ на карте проводят линии координатной сетки. Километровые линии на картах масштабов 1:10000, 1:25000 и 1:50000 проводят соответственно через 10; 4 и 2 см. Измерив линейкой сторону квадрата километровой сетки, определяют масштаб карты. Например, если сторона квадрата 10 см, то 1 см на карте соответствует 10000 см на местности, и масштаб карты 1:10000.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ СЕЧЕНИЯ РЕЛЬЕФА ГОРИЗОНТАЛЯМИ

Рельеф - это совокупность неровностей земной поверхности. На картах и планах рельеф изображается горизонталями, отметками и специальными условными знаками для показа крутых склонов.

Горизонталь - линия, соединяющая точки с одинаковыми высотами. Разность высот двух соседних горизонталей называется высотой сечения рельефа  $h_0$ . Высота сечения рельефа подписывается на карте ниже масштаба. На топографических планах применяют высоты сечения 0,5; 1; 5 м, на топографических картах – 2,5; 5; 10; 20 м.

Виды горизонталей:

основные - их проводят через превышения, равные высоте сечения;

утолщенные - их применяют для облегчения счета горизонталей и большей наглядности рисунка рельефа; утолщается каждая пятая горизонталь при высоте сечения 1; 2; 5; 10 м и каждая четвертая (или десятая) при высоте сечения 0,5 и 2,5 м;

дополнительные (полугоризонтالي) - их проводят через половину высоты сечения;

вспомогательные - их проводят на произвольной высоте.

Дополнительные и вспомогательные горизонтали вычерчивают штриховой линией. Их используют для показа изменений в крутизне склонов. Для изображения горизонталей используется коричневый цвет. Толщина основных, дополнительных и вспомогательных горизонталей 0,15 мм, утолщенных - 0,25 мм. Надписи горизонталей ориентируют основанием цифр вниз по скату. Направление ската показывает бергштрихами (длина штриха 0,5 мм), которые ставятся перпендикулярно к горизонталям.

Для определения высоты сечения рельефа горизонталями вычисляют разность отметок подписанных горизонталей и делят ее на число интервалов (рис.1).

$$h_0 = \frac{160 - 150}{4} = 2,5 \text{ м.}$$

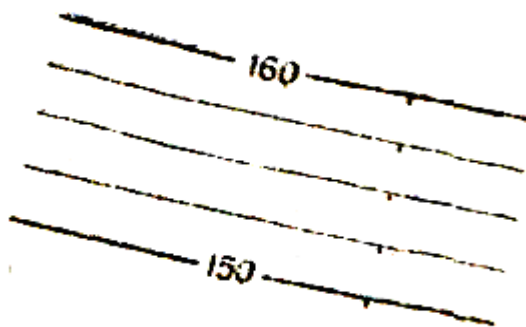


Рис. 1. Определение прямоугольных координат точки по карте

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ ТОЧКИ НА КАРТЕ

Для уменьшения искажений вследствие влияния кривизны Земли используют деление поверхности эллипсоида на зоны-участки, ограниченные двумя меридианами.

В каждой зоне своя система координат. Номер зоны указывается перед ординатой. Чтобы не иметь в пределах зоны отрицательных ординат, осевому меридиану зоны присваивают ординату  $Y_0 = +600$  км. Таким образом, подпись координатной линии, параллельной оси ОХ 4311, означает, что эта линия проходит в четвертой зоне на расстоянии  $Y = Y - 500$  км  $= 311 - 500 = -189$  км к западу от осевого меридиана (рис.2). Соответственно подпись 11584 означает, что данная координатная линия расположена во II зоне на расстоянии 84 км к востоку от осевого меридиана.

Подпись координатной линии, параллельной оси ОУ 6065, означает, что эта линия расположена на расстоянии 6065 км к северу от экватора.

Для определений прямоугольных координат  $X, Y$  точки на карте нужно из этой точки опустить перпендикуляры на ближайшие координатные линии и измерить длины этих перпендикуляров с помощью измерителя и масштабной линейки. Полученные значения  $X, Y$  (рис.3) нужно прибавить к значениям абсциссы и ординаты соответствующих координатных линий.

Например:  $X_m = 6058 \text{ км} + 728 \text{ м} = 6058728 \text{ м}$ ,

$Y_m = 6420 \text{ км} + 325 \text{ м} = 6420325 \text{ м}$ .

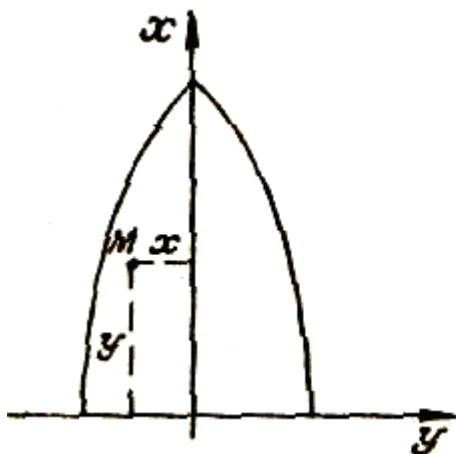


Рис. 2

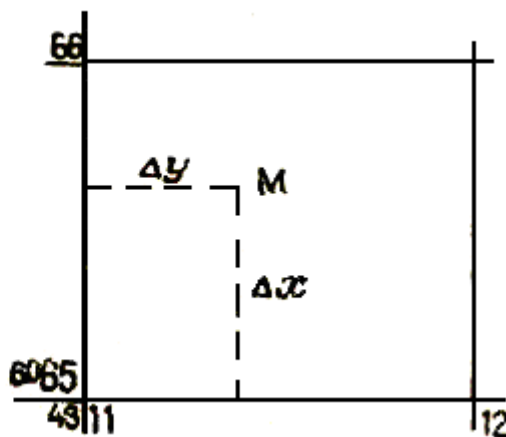


Рис. 3

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ТОЧКИ НА КАРТЕ

Сторонами листа топографической карты служат дуги параллелей и меридианов. Они образуют внутреннюю рамку карты. В каждом углу рамки подписываются его географические (геодезические) координаты - широта и долгота. Рядом с внутренней расположена минутная рамка, одно деление которой соответствует одной минуте по широте  $\varphi$  и долготы  $\lambda$ .

Широта - это угол между нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью экватора. Долгота - это двугранный угол между плоскостями начального (Гринвичского) меридиана и меридиана данной точки. Широтой  $\varphi$  и долготой  $\lambda$  определяется положение точки на поверхности земного эллипсоида в географической системе координат.

Для определения географических координат опускают перпендикуляры из заданной точки на ближайшие стороны минутной рамки. Отсчитывают широту  $\varphi$  и долготу  $\lambda$  с точностью до одной секунды, помня, что каждое минутное деление разбито точками на 6 интервалов по 10 угловых секунд.

Например:  $\varphi_N = 54^\circ 38' 45''$ ;  $\lambda_N = 31^\circ 46' 13''$ .

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИРЕКЦИОННОГО УГЛА ЗАДАННОЙ НА КАРТЕ ЛИНИИ, ВЫЧИСЛЕНИЕ ЕЁ ИСТИННОГО И МАГНИТНОГО АЗИМУТОВ

Ориентировать линию – значит определить ее положение относительно исходного направления.

В качестве исходных в геодезии применяют северные направления истинного, магнитного меридианов и осевого меридиана зоны. Схема взаимного расположения трех меридианов приводится слева под южной стороной рамки карты.

Горизонтальный угол ориентирования линии называется азимутом. Азимуты отсчитываются от северного направления меридиана до направления ориентируемой линии по ходу часовой стрелки.

Угол, отсчитываемый от истинного меридиана, называется истинным азимутом ( $A$ ); от магнитного меридиана - магнитным азимутом ( $A^M$ ); от осевого меридиана (или оси абсцисс) - дирекционным углом ( $\alpha$ ). Измерение дирекционного угла заданной на карте линии производят с помощью транспортира. Для этого продолжают ориентируемую линию до пересечения с ближайшей линией координатной сетки, параллельной оси X, совмещают центр транспортира с полученной точкой пересечения, а нулевой диаметр транспортира – с положительным направлением оси X.

Для каждой линии различают прямое и обратное направления. Прямой  $\alpha_{AB}$  и обратный  $\alpha_{BA}$  дирекционные углы линии АВ связаны соотношением:  $\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ$ .

Например, если  $\alpha_{AB} = 88^\circ 30'$ , то  $\alpha_{BA} = 268^\circ 30'$ . Угол  $\gamma$ , на который линия координатной сетки, параллельная оси X, отклоняется от истинного меридиана данной точки, называется сближением меридианов. Угол  $\delta$ , на который магнитный меридиан (стрелка компаса) отклоняется от истинного, называется магнитным склонением.

Сближение и склонение называются восточными и считаются положительными, если линии координатной сетки и стрелка компаса отклоняются от истинного меридиана к востоку.

Сближение и склонение называется западным и считается отрицательным, если линия координатной сетки и стрелка компаса отклоняются от истинного меридиана к западу.

Измерив дирекционный угол  $\alpha$  заданной на карте линии, вычисляют её истинный и магнитный азимуты по формулам

$$A = \alpha + \gamma, \quad A^M = \alpha + \gamma - \delta = A - \delta$$

или с помощью схемы взаимного расположения меридианов на карте (рис.4).

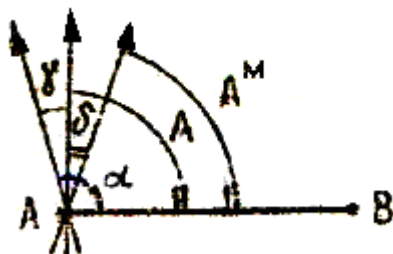


Рис. 4

Например:

$$\alpha_{AB} = 88^\circ 30';$$

$$\gamma = -2^\circ 22';$$

$$\delta = 6^\circ 12';$$

$$A = 88^\circ 30' + (-2^\circ 22') = 86^\circ 08';$$

$$A^M = 86^\circ 08' - 6^\circ 12' = 79^\circ 56'.$$

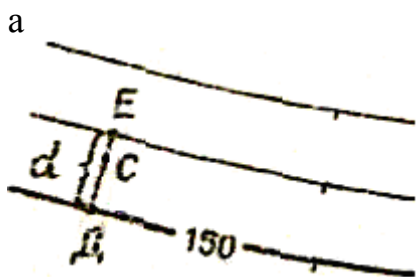
Если схема взаимного расположения меридианов отсутствует, истинный азимут линии можно определить следующим образом: соединяют точку, соответствующую началу какой-либо минуты, на минутной шкале южной рамки карты с началом той же минуты на северной рамке и получают направление истинного меридиана. Продолжают ориентируемую линию АВ до пересечения с этим направлением, центр транспортира совмещают с точкой пересечения и измеряют истинный азимут заданной линии.

## 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТМЕТОК ТОЧЕК ПО ГОРИЗОНТАЛЯМ

Если точка расположена на горизонтали, то ее отметка равна отметке горизонтали (рис. 5, а):

$$H_D = 150 \text{ м.}$$

Если точка расположена между горизонталями, то ее отметку определяют линейным интерполированием по кратчайшему расстоянию (заложению) между горизонталями. Интерполирование выполняют следующим образом: измеряются расстояния ДЕ и ДС, превышение  $h$  т.С над т.Д находят из пропорции  $\frac{ДЕ}{ДС} = \frac{h_0}{h}$ .



$$\text{Например, } h = \frac{ДС \cdot h_0}{ДЕ}$$

$$\text{при } h_0 = 2,5 \text{ м;}$$

$$ДЕ = 12 \text{ мм; } ДС = 7 \text{ мм;}$$

$$H_E = 150 + 2,5 = 152,5 \text{ м;}$$

$$H_C = 150 + h = 150 + \frac{7 \cdot 2,5}{12} = 151,5 \text{ м.}$$

б



Рис. 5

При расположении точки внутри замкнутой горизонтали (рис. 5, б) для вычисления её отметки к высоте ближайшей горизонтали прибавляют половину высоты сечения рельефа.

Например, при  $h_0 = 2,5 м$

$$H_C = 152,5 + \frac{2,5}{2} = 153,8 м.$$

## 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УКЛОНА ЛИНИИ

В инженерной практике крутизну ската линии чаще всего характеризуют уклоном. Уклон - это тангенс угла наклона.

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d},$$

где  $h = H_2 - H_1$ , есть разность отметок конечных точек линии;

$d$  – горизонтальное проложение линии.

Таким образом, уклон - это превышение на единицу длины.

Если линия KL задана между смежными горизонталями карты, то  $h = h_0$  (рис. 6). Уклон выражают в тысячных долях единицы. Для решения задачи определяют отметки конечных точек линии и её длину с помощью линейки или измерителя и линейного масштаба.

Например:  $h_0 = 2,5 м$ ,  $H_K = 170 м$ ,  $H_L = 167,5 м$ ,  $d = 100 м$ ,  $i = 0,025 = 25\%$



Рис. 6

## 9. ПОСТРОЕНИЕ НА КАРТЕ ЛИНИИ С ЗАДАННЫМ УКЛОНОМ

При проектировании автомобильных дорог возникает необходимость пересечения водоразделов. Это осуществляется постепенным подъемом. Задача сводится к построению на карте линии, уклон по которой менее или равен предельному. Для построения между точками О и Р на карте



линии предельного уклона нужно вычислить минимальное заложение, соответствующее этому уклону по формуле

$$d = \frac{h_0}{i M},$$

где  $h_0$  - высота сечения рельефа;

$i$  - заданный предельный уклон;

$M$  - знаменатель масштаба карты.

Если  $h_0 = 2,5 \text{ м}$ ,  $i = 0,025$ ,  $M = 10000$ , то  $d = 10 \text{ мм}$ .

Взяв в раствор измерителя вычисленное заложение  $d$ , из начальной точки 0 (рис.7) засекают на соседней горизонтали точку  $a$ , из точки  $a$  тем же раствором засекают точку  $b$  и т.д. до точки Р. Соединив точки прямыми, получают искомую линию. Уклон по ней равен предельному.

Можно наметить несколько вариантов трассы, анализируя которые, выбирают оптимальный.

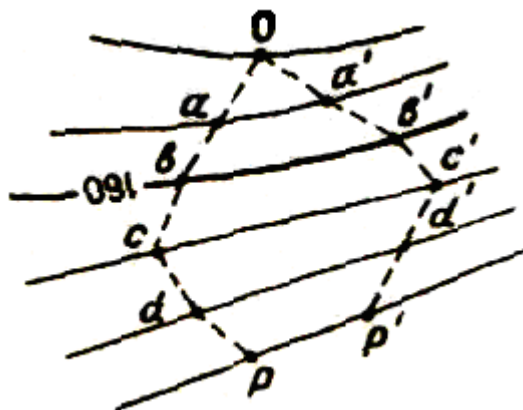


Рис. 7

## 10. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ МЕСТНОСТИ

Профиль – это уменьшенное изображение вертикального разреза местности по заданному направлению. Работу начинают с выбора масштабов профиля. Горизонтальный масштаб принимают равным масштабу карты. Вертикальный масштаб подбирают в 10-20 раз крупнее горизонтального. Рекомендуется принять для карты масштаба 1:10000 при высоте сечения 2,5 м масштаб горизонтальный 1:10000, вертикальный - 1:500.

В тетради строят сетку профиля (рис. 8, б). Стандартная ширина граф сетки: 10 мм для горизонтальных расстояний и 15 мм для отметок точек.

В графу «Горизонтальные расстояния» переносят с карты начальную и конечную точки заданной линии, а также точки пересечения этой линии с горизонталями и структурными линиями рельефа (точки Q, Т, 1, 2 на рис. 8, а). Перенос точек с карты на профиль удобно выполнять с помощью измерителя, расстояние между точками определяют с точностью 10 м по

линейке. От верхней линии сетки отступают 5 см и получают линию условного горизонта. Ей присваивают отметку, равную минимальной отметке точек профиля и округленной до ближайших десяти метров (150 м на рис. 8, б). Тогда весь профиль разместится над линией условного горизонта.

Во всех перенесенных с карт точках восстанавливают перпендикуляры и на них откладывают в вертикальном масштабе отметки точек. Концы полученных отрезков соединяют и получают профиль местности. Так как вертикальный масштаб крупнее горизонтального, то профиль получается более выразительным.

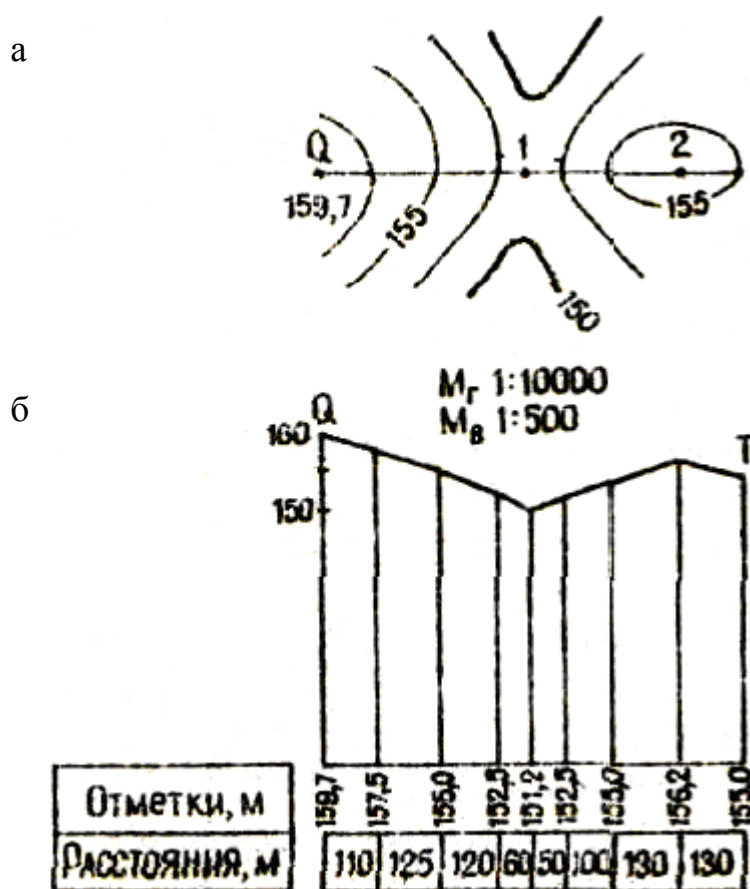


Рис. 8

Для того чтобы определить линию, по которой построен профиль, сравнивают начальные и конечные отметки профиля и линии QT. После этого необходимо проверить, совпадают ли расстояния между горизонталями и структурными линиями рельефа на карте с соответствующими расстояниями и отметками этих горизонталей на профиле.

## 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНИИ ВОДОТОКА

Для решения этой задачи нужно уметь видеть на карте основные формы рельефа. К ним относятся холм, котловина, хребет, лощина, седловина (рис. 9).

Характерные точки рельефа: вершина холма, дно котловины, низкая точка седловины (точка А на рис. 9).

Характерные (структурные) линии рельефа: водораздел - линия пересечения склонов хребта; линия водотока (водослива), которую называют также и тальвег - это линия пересечения склонов лощины.

Следует запомнить, что линии водораздела и водотока проходят по местам наибольшего изгиба горизонталей. Отличить их можно следующим образом: на изображениях хребтов горизонтали имеют изгиб от вершины, а на изображениях лощин горизонтали имеют изгиб к вершине. Линии водотока и водораздела показаны на рис.9.

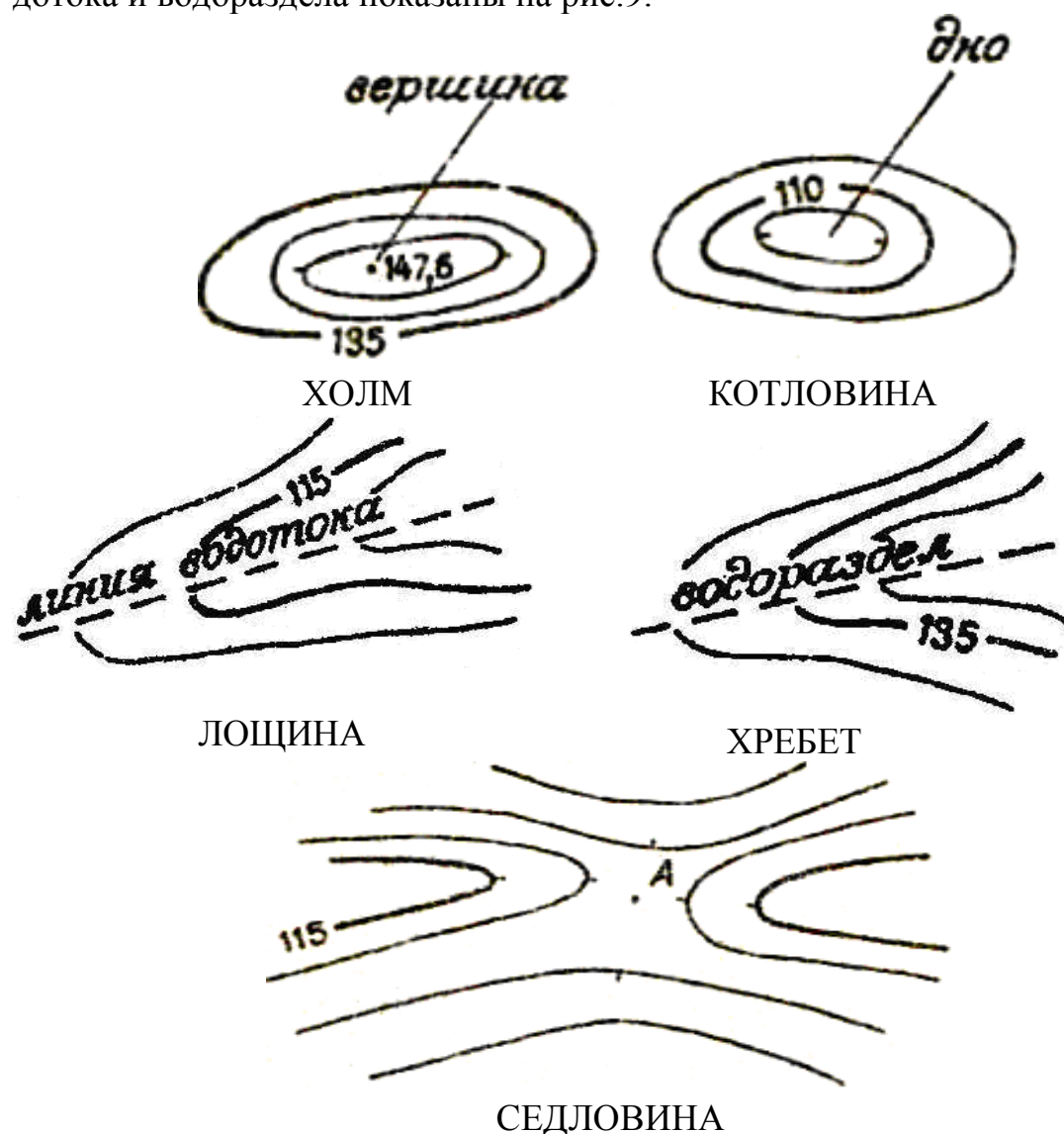


Рис. 9

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Борщ, В.И. Геодезия. Основы аэрофотосъемки и маркшейдерского дела [Текст] / В.И. Борщ, В.И. Компаниец. – М.: Недра, 1984.
2. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 [Текст]. – М.: Недра. 1989.
3. Инженерная геодезия [Текст] / под ред. проф. Л.С. Хренова. – М.: Недра, 1985.
4. Практикум по инженерной геодезии [Текст] / Визгин А.А., Коугия В.А., Хренов Л.С. и др. – М.: Недра, 1989.